

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-268978

(43)Date of publication of application : 28.09.2001

(51)Int.Cl.

H02P 7/00

H02P 21/00

H02P 7/622

H02P 7/63

(21)Application number : 2000-075608

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

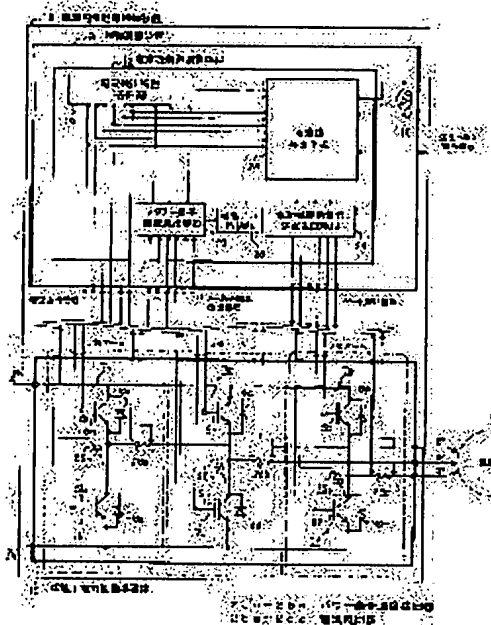
(22)Date of filing : 17.03.2000

(72)Inventor : KOBAYASHI MASARU

ANZAI SEIJI

MAEKAWA HIROTOSHI

(54) MOTOR CONTROLLER



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a motor controller 11 for controlling the conduction current of a motor 2 by controlling the switching of a power element 7 built in a power converting semiconductor 10 in which controllability is enhanced by detecting the value of a current flowing through the motor 2 with high reliability and high accuracy.

SOLUTION: A current sensor 26 having resistive characteristics is employed for detecting the current flowing through a motor 2 and a temperature sensor 25 is built a power converting semiconductor 10 in the proximity of the current sensor 26. Data compensating for variation in the characteristics of the current sensor 26 due to temperature variation is prestored in a storage section 22 and, at the time of control operation, a sensed value from the current sensor 26 is corrected using the compensation data stored in the storage section 22 based on a temperature sensed by the temperature sensor 25 and a current value is calculated.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3710673

[Date of registration]

19.08.2005

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-268978
(P2001-268978A)

(43)公開日 平成13年 9月28日 (2001.9.28)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 2 P 7/00		H 0 2 P 7/00	C 5 H 5 7 0
21/00		7/622	3 0 3 M 5 H 5 7 5
7/622	3 0 3	7/63	3 0 3 Z 5 H 5 7 6
7/63	3 0 3	5/408	C

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 22 頁)

(21)出願番号	特願2000-75608(P2000-75608)	(71)出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(22)出願日	平成12年 3月17日 (2000.3.17)	(72)発明者	小林 勝 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三 菱電機株式会社内
		(72)発明者	安西 清治 兵庫県神戸市兵庫区浜山通6丁目1番2号 三菱電機コントロールソフトウェア株式 会社内
		(74)代理人	100093562 弁理士 児玉 俊英

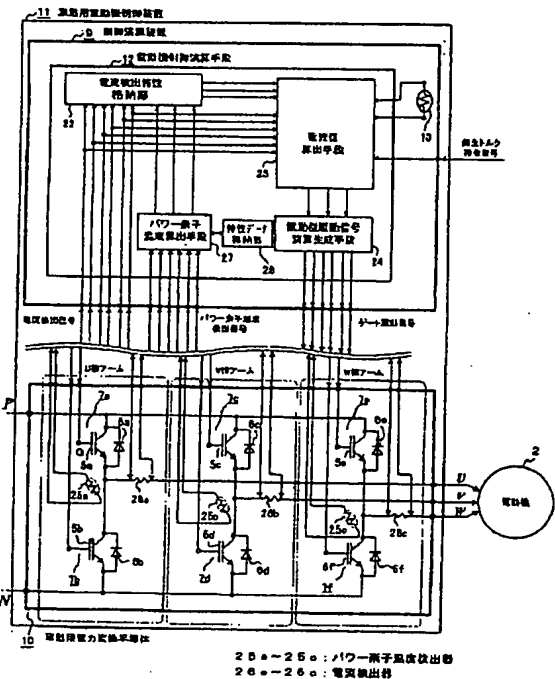
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動機制御装置

(57)【要約】

【課題】 電力変換半導体10に内蔵されたパワー素子7のスイッチングを制御して、電動機2の通電電流を制御する電動機制御装置11において、電動機2に流れる電流値を信頼性良く高精度に検出して制御性を向上させる。

【解決手段】 電導機2に流れる電流検出のための電流検出器26に抵抗特性を有するものを採用して、電力変換半導体10に内蔵し、該電流検出器26の近傍に温度検出器25を配置し、温度変動による電流検出器26の特性バラツキを補償するデータを予め格納部22に記憶し、制御運転時において、温度検出器25からの検出温度に基づいて、格納部22の補償データを用いて、電流検出器26からの検出値を補正して電流値を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パワー素子を内蔵した電力変換装置と、該パワー素子と電動機とを接続する電力線路上に配された電流検出器と、該電流検出器からの検出電流を用いて上記パワー素子のスイッチングを制御する制御演算装置とを備えて、上記電動機の通電電流を制御する電動機制御装置において、上記制御演算装置が、上記電流検出器の特性バラツキを補償するための電流検出特性補償データを予め記憶した格納部と、該電流検出特性補償データに基づいて上記電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段と、該算出された電流値に基づいて上記パワー素子のスイッチングを制御する駆動信号を演算生成する手段とを備えたことを特徴とする電動機制御装置。

【請求項2】 電力変換装置内のパワー素子と電動機とを接続する電力線路上に配された電流検出器と、該電流検出器からの検出電流を用いて上記パワー素子のスイッチングを制御する制御演算装置とを備えて、上記電動機の通電電流を制御する電動機制御装置において、上記制御演算装置の周囲温度を検出する周囲温度検出器を設け、該制御演算装置が、検出された周囲温度に基づいて、該制御演算装置内の電子回路部品における温度変動による定数変動を補償するように、上記電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段を備えたことを特徴とする電動機制御装置。

【請求項3】 制御演算装置の周囲温度を検出する周囲温度検出器を設け、電流検出特性補償データに基づいて電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段が、該電流値算出の際に、上記検出された周囲温度に基づいて該制御演算装置内の電子回路部品における温度変動による定数変動を補償するような補正演算を併せて行うことを可能としたことを特徴とする請求項1記載の電動機制御装置。

【請求項4】 電流検出器が電力変換装置に内蔵され、該電力変換装置と制御演算装置とが単一の容器内に収納されたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項5】 電力変換装置と制御演算装置とが単一の容器内に収納され、電流検出器に抵抗特性を有するものを採用して上記電力変換装置に内蔵し、該電流検出器近傍に温度検出器を備え、格納部が上記電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する電流検出特性補償データを予め記憶したものであって、該電流検出特性補償データおよび上記温度検出器からの検出温度に基づいて、上記電流検出器からの検出電流を電流値算出手段により補正して電流値を算出することを特徴とする請求項1または3記載の電動機制御装置。

【請求項6】 電流検出器がパワー素子近傍に配置され、温度検出器が、該パワー素子の過熱を防止するためのパワー素子温度検出器を兼ねることを特徴とする請求

項5記載の電動機制御装置。

【請求項7】 温度検出器の特性が、請求項3記載の周囲温度検出器からの検出温度と関連したデータで構成されて予め記憶され、制御演算装置が、該温度検出器の特性データに基づいて該温度検出器からの検出値から温度を算出する温度算出手段を備えたことを特徴とする請求項5または6記載の電動機制御装置。

【請求項8】 電動機の制御運転を行う前に予め電流検出特性補償データを作成する手段を制御演算装置内に備え、電流検出器の特性を測定し、該特性バラツキを補償する上記電流検出特性補償データを作成して格納部に記憶することを特徴とする請求項1、3または5～7のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項9】 電流検出特性補償データを作成する際に、パワー素子のスイッチング動作を伴って電流検出器の特性を測定することを特徴とする請求項8記載の電動機制御装置。

【請求項10】 電動機の制御運転を行う前に予め電流検出特性補償データを作成する手段を制御演算装置内に備え、温度検出器からの検出温度に基づいてパワー素子のスイッチング動作を調整して電流検出器の特性を測定し、該電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する上記電流検出特性補償データを作成して格納部に記憶することを特徴とする請求項5～7のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項11】 電流検出特性補償データ作成時のパワー素子のスイッチング動作を、電流検出器に流れる電流が直流となるように行うことを特徴とする請求項9または10記載の電動機制御装置。

【請求項12】 電流検出特性補償データは、各電流検出器に対して個別に記憶され、電流値算出手段による電流値の算出も各電流検出器に対して行うことを特徴とする請求項1、3または5～11のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項13】 電流検出特性補償データが、温度に関する補正マップあるいは、温度に関する補正式で構成されることを特徴とする請求項1、3または5～12のいずれかに記載の電動機制御装置。

【請求項14】 電流検出器からの検出値データを、請求項5記載の温度検出器から検出された温度データと共に、上記電流検出器を流れる指示電流値に対して該温度データの値が所定の間隔になるように収集し、上記指示電流値を所定の間隔で変化させて収集した（指示電流値、温度データ、検出値データ）により補正マップを構成したことを特徴とする請求項13記載の電動機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、パワー素子を内蔵する電力変換装置を用いて電動機を駆動する電動機制

御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】パワー素子のスイッチングを制御して電動機の通電電流を制御するようにした従来の電動機制御装置について以下に示す。図17は、従来の電動機制御装置の構成例を示すブロック図である。ここでは、車両に搭載される車載用電動機制御装置の例であり、また、電動機として三相交流電動機を用いる。図において、1は電動機制御装置、2は電動機、3は制御演算装置、4は電力変換装置としての電力変換半導体である。電力変換半導体4は、三相のスイッチングアーム（U相アーム、V相アーム、W相アーム）を備え、スイッチングアームの一つであるU相アームは、上アームスイッチング素子5a、下アームスイッチング素子5b、上アームフリーホイーリングダイオード6a、下アームフリーホイーリングダイオード6bで構成される。なお、V相アーム、W相アームの構成も同様で、上アームスイッチング素子5c、5e、下アームスイッチング素子5d、5f、上アームフリーホイーリングダイオード6c、6e、下アームフリーホイーリングダイオード6d、6fで構成される。なお、1個のスイッチング素子5（5a～5f）と1個のフリーホイーリングダイオード6（6a～6f）とにより1個のパワー素子7（7a～7f）が構成される。また、8（8a～8c）はそれぞれU相、V相、W相の電流検出器であり、電力変換半導体4の外部で電動機2との電力線路上に配置される。図に示すように、三相交流の一相に当たり2個のパワー素子7が直列に接続されており、直流電力入力の高電位側に連なる側を上アーム、低電位側に連なる側を下アームと呼ぶ。

【0003】次に、動作について説明する。電動機制御装置1は図示しない電源装置からの直流電力を交流電力に変換して電動機2に供給する。その際、直流電力から交流電力への変換は電力変換半導体4のパワー素子7を構成するスイッチング素子5をスイッチングすることによりなされる。制御演算装置3では電動機2に所望の動作を行わせるべく、通電する電流の指令値を演算し、電流指令値通りの電流が流れるようにスイッチング素子5をON/OFFするゲート駆動信号を生成する。ゲート駆動信号は各相のスイッチング素子5のゲートGに伝達される。

【0004】電動機2の発生トルクを精度良く制御する手法として良く用いられるベクトル制御方法による制御の例を説明する。この方法では、三相交流である電圧、電流等の諸量を、磁束の方向と一致して回転する座標軸（d軸）と、これに直交して回転する座標軸（q軸）とにベクトル分解し、この直交座標上での電圧、電流を調整・制御することで発生トルクを制御する。

【0005】電動機2として永久磁石同期機を用いた場合の回転直交座標（d、q座標）上での電圧と電流の

関係は次式となる。

【数1】

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & -\omega \cdot L \\ \omega \cdot L & R_a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega \cdot \phi_a \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

但し、 V_d はd軸電圧、 V_q はq軸電圧、 i_d はd軸電流、 i_q はq軸電流、 R_a は一次抵抗、 L はインダクタンス、 ϕ_a は磁石磁束、 ω は回転角速度である。

【0006】この時の電動機2の発生トルク τ_m は次式で表わされる。

【数2】

$$\tau_m = P_m \cdot \phi_a \cdot i_q \quad \dots (2)$$

但し、 P_m は電動機2の極対数である。

【0007】極対数 P_m 及び磁石磁束 ϕ_a は電動機2によって固定の量であり、発生トルク τ_m の調整はq軸電流 i_q の量を調整することによりなされる。したがって、電動機2を精度良く制御することは、電動機2の発生トルクを精度良く、すなわちq軸電流 i_q の量を精度良く制御することに帰着する。このため電流検出器8により電動機2に流れる三相交流電流を検出し、d軸、q軸にベクトル分解してd軸電流 i_d 、q軸電流 i_q を算出する。更にこの i_d 、 i_q を用いて所望の発生トルク τ_m を得るべきd軸電圧 V_d 、q軸電圧 V_q を算出し、これに基づいてゲート駆動信号を生成する。

【0008】ところで車載用電動機制御装置1は、その適用対象が電動機2を駆動源とする電気自動車の場合には、発生トルクの制御精度が車両の加減速に関係することから乗車フィーリングを左右する大切な要素となる。また、対象が電動機2と内燃機関の両者を駆動源とするハイブリッド自動車の場合には、燃費の改善、排出ガス中の有害物質の低減を目的にして電動機2と内燃機関双方の発生トルクの協調制御を行うことから制御精度がより重要となる。このように車載用の電動機制御装置1では、高い制御精度が要求されるものであり、上述したように、電動機2に流れる電流を電流検出器8を備えて検出して、電動機2の発生トルクを直接制御しているため、高精度な制御が可能である。

【0009】しかしながら従来の電動機制御装置1では、電力変換半導体4の外部に電流検出器8を配置して電動機2の三相電流を検出していたため、電流検出器8を構成する固定部材が必要となるだけでなく、電流検出器8と制御演算装置3とを接続する信号線が必要となり、組み立て工数が発生する。また、この信号線がノイズの影響を受けて検出電流値に悪影響を及ぼしたり、さらには信号線がハーネスの経年劣化やコネクタのルーズコンタクト等により断線するような場合、動作中の発生トルクの急激な変動を引き起こす要因となり、車載用電動機制御装置1において制御の連続性を損ない、車両の挙動に悪影響を与えることもあった。

【0010】このような問題点を改善するために、近年、以下に示すような電動機制御装置が開発されている。当出願人が出願した特願平11-149928号記載の電動機制御装置では、電流検出器に抵抗特性を有するものを採用して、パワー素子と同一基板上に構成して電力変換半導体に内蔵し、該電力変換半導体と制御演算装置とを同一容器内に収納して一体化した。これにより、電流検出器の外部配置に起因する組み立て工数を解消、構成部品を削減、故障要因箇所を削減すると共に、電流検出器と制御演算装置との間の信号経路を短縮でき

てノイズの影響も低減された。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】このように、電流検出器に抵抗特性を有するものを採用して、パワー素子と同一基板上に構成して電力変換半導体に内蔵した電動機制御装置では、電流検出器が周囲環境の変動、特に温度変動の影響を受け易く、電流検出器で検出する電流値の信頼性が悪くなるという問題点があった。また、この傾向は電流検出器を車室外に配置した場合に、周囲の環境温度の変動が大きいと顕著であり、ひいては制御精度の悪化や電流検出器自体の耐久性の劣化につながるものであった。

【0012】この発明は、上記のような問題点を解消するために成されたものであって、電流検出器によって検出される電動機に流れる電流値を、周囲環境の変動、特に温度変動の影響を防止して信頼性良く検出し、電動機制御の信頼性を向上させ、安定して高精度な制御が可能な電動機制御装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明に係る請求項1記載の電動機制御装置は、パワー素子を内蔵した電力変換装置と、該パワー素子と電動機とを接続する電力線路上に配された電流検出器と、該電流検出器からの検出電流を用いて上記パワー素子のスイッチングを制御する制御演算装置とを備えて、上記電動機の通電電流を制御する装置構成であって、上記制御演算装置が、上記電流検出器の特性バラツキを補償するための電流検出特性補償データを予め記憶した格納部と、該電流検出特性補償データに基づいて上記電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段と、該算出された電流値に基づいて上記パワー素子のスイッチングを制御する駆動信号を演算生成する手段とを備えたものである。

【0014】またこの発明に係る請求項2記載の電動機制御装置は、電力変換装置内のパワー素子と電動機とを接続する電力線路上に配された電流検出器と、該電流検出器からの検出電流を用いて上記パワー素子のスイッチングを制御する制御演算装置とを備えて、上記電動機の通電電流を制御する電動機制御装置であって、上記制御演算装置の周囲温度を検出する周囲温度検出器を設け、該制御演算装置が、検出された周囲温度に基づいて、該

制御演算装置内の電子回路部品における温度変動による定数変動を補償するように、上記電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段を備えたものである。

【0015】またこの発明に係る請求項3記載の電動機制御装置は、請求項1において、制御演算装置の周囲温度を検出する周囲温度検出器を設け、電流検出特性補償データに基づいて電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段が、該電流値算出の際に、上記検出された周囲温度に基づいて該制御演算装置内の電子回路部品における温度変動による定数変動を補償するような補正演算を併せて行うことを可能としたものである。

【0016】またこの発明に係る請求項4記載の電動機制御装置は、請求項1～3のいずれかにおいて、電流検出器が電力変換装置に内蔵され、該電力変換装置と制御演算装置とが単一の容器内に収納されたものである。

【0017】またこの発明に係る請求項5記載の電動機制御装置は、請求項1または3において、電力変換装置と制御演算装置とが単一の容器内に収納され、電流検出器に抵抗特性を有するものを採用して上記電力変換装置に内蔵し、該電流検出器近傍に温度検出器を備え、格納部が上記電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する電流検出特性補償データを予め記憶したものであって、該電流検出特性補償データおよび上記温度検出器からの検出温度に基づいて、上記電流検出器からの検出電流を電流値算出手段により補正して電流値を算出するものである。

【0018】またこの発明に係る請求項6記載の電動機制御装置は、請求項5において、電流検出器がパワー素子近傍に配置され、温度検出器が、該パワー素子の過熱を防止するためのパワー素子温度検出器を兼ねるものである。

【0019】またこの発明に係る請求項7記載の電動機制御装置は、請求項5または6において、温度検出器の特性が、請求項3記載の周囲温度検出器からの検出温度と関連したデータで構成されて予め記憶され、制御演算装置が、該温度検出器の特性データに基づいて該温度検出器からの検出値から温度を算出する温度算出手段を備えたものである。

【0020】またこの発明に係る請求項8記載の電動機制御装置は、請求項1、3または5～7のいずれかにおいて、電動機の制御運転を行う前に予め電流検出特性補償データを作成する手段を制御演算装置内に備え、電流検出器の特性を測定し、該特性バラツキを補償する上記電流検出特性補償データを作成して格納部に記憶するものである。

【0021】またこの発明に係る請求項9記載の電動機制御装置は、請求項8において、電流検出特性補償データを作成する際に、パワー素子のスイッチング動作を伴

って電流検出器の特性を測定することを特徴とする請求項8記載の電動機制御装置。

【0022】またこの発明に係る請求項10記載の電動機制御装置は、請求項5～7のいずれかにおいて、電動機の制御運転を行う前に予め電流検出特性補償データを作成する手段を制御演算装置内に備え、温度検出器からの検出温度に基づいてパワー素子のスイッチング動作を調整して電流検出器の特性を測定し、該電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する上記電流検出特性補償データを作成して格納部に記憶するものである。

【0023】またこの発明に係る請求項11記載の電動機制御装置は、請求項9または10において、電流検出特性補償データ作成時のパワー素子のスイッチング動作を、電流検出器に流れる電流が直流となるように行うものである。

【0024】またこの発明に係る請求項12記載の電動機制御装置は、請求項1、3または5～11のいずれかにおいて、電流検出特性補償データは、各電流検出器に対して個別に記憶され、電流値算出手段による電流値の算出も各電流検出器に対して行うものである。

【0025】またこの発明に係る請求項13記載の電動機制御装置は、請求項1、3または5～12のいずれかにおいて、電流検出特性補償データが、温度に関する補正マップあるいは、温度に関する補正式で構成されるものである。

【0026】またこの発明に係る請求項14記載の電動機制御装置は、請求項13において、電流検出器からの検出値データを、請求項5記載の温度検出器から検出された温度データと共に、上記電流検出器を流れる指示電流値に対して該温度データの値が所定の間隔になるように収集し、上記指示電流値を所定の間隔で変化させて収集した（指示電流値、温度データ、検出値データ）により補正マップを構成したものである。

【0027】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、この発明の実施の形態1を図について説明する。図1は、この発明の実施の形態1による電動機制御装置の構成を示すブロック図である。ここでは、車両に搭載される車載用電動機制御装置の例であり、また、電動機として三相交流電動機を用いる。なお、図中、従来のものと同一符号は、同一または相当部分を示す。図において、2は電動機、9は制御演算装置、10は電力変換装置としての電力変換半導体であり、11は制御演算装置9と電力変換半導体10とを単一の容器内に収納して一体化した電動機制御装置である。また、制御演算装置9は制御演算手段12と、この装置9の周囲温度を検出する周囲温度検出器13を備えている。

【0028】電力変換半導体10は、三相のスイッチングアーム（U相アーム、V相アーム、W相アーム）を備え、スイッチングアームの一つであるU相アームは、上

アームスイッチング素子5a、下アームスイッチング素子5b、上アームフリーホイールリングダイオード6a、下アームフリーホイールリングダイオード6bで構成される。なお、V相アーム、W相アームの構成も同様で、上アームスイッチング素子5c、5e、下アームスイッチング素子5d、5f、上アームフリーホイールリングダイオード6c、6e、下アームフリーホイールリングダイオード6d、6fで構成される。なお、1個のスイッチング素子5（5a～5f）と1個のフリーホイールリングダイオード6（6a～6f）とにより1個のパワー素子7（7a～7f）が構成される。また、14（14a～14c）はそれぞれU相、V相、W相の電流検出器であり、パワー素子7と電動機2とを接続する電力線路上に配置されて、電力変換半導体10に内蔵される。また、三相交流の一相に当たり2個のパワー素子7が直列に接続されており、直流電力入力の高電位側に連なる側を上アーム、低電位側に連なる側を下アームと呼ぶ。

【0029】次に、動作について説明する。電動機制御装置11は図示しない電源装置からの直流電力を交流電力に変換して電動機2に供給する。その際、直流電力から交流電力への変換は電力変換半導体10のパワー素子7を構成するスイッチング素子5をスイッチングすることによりなされる。制御演算装置9では電動機2に所望の動作を行わせるべく、通電する電流の指令値を演算し、電流指令値通りの電流が流れるようにスイッチング素子5をON/OFFするゲート駆動信号を生成する。ゲート駆動信号は各相のスイッチング素子5のゲートGに伝達される。

【0030】ここで具体的に電動機2として永久磁石式同期機を用いてベクトル制御方法により制御する例について説明する。まず、図示しない外部装置より電動機制御装置11に対して電動機2へ要求する発生トルクの指令値 τ_m^* が入力される。電動機2の発生トルク τ_m は、上述したように磁石磁束 ϕ_a とq軸電流 i_q に比例することから（数式（2）参照）、制御演算手段12で発生トルク指令値 τ_m^* に応じたq軸電流指令値 i_q^* が算出される。また、U相電流検出器14a、V相電流検出器14b、W相電流検出器14cから出力される電動機2のU相電流検出信号、V相電流検出信号、W相電流検出信号を制御演算手段12に入力すると、これら検出信号からそれぞれU相電流 i_u 、V相電流 i_v 、W相電流 i_w が算出された後、公知の演算方法により磁束の方向と一致して回転する座標軸（d軸）と、これに直交して回転する座標軸（q軸）とにベクトル分解され、それぞれd軸実電流値 i_d 、q軸実電流値 i_q として算出される。

【0031】電動機2の発生トルクを指令値 τ_m^* に一致させるように制御するために、q軸電流については、実電流値 i_q が指令値 i_q^* に一致するように、偏差 $\Delta i_q (= i_q^* - i_q)$ を比例積分（PI）演算してq

軸電圧指令値 V_q^* を算出する。d軸電流については、流さずとも良いため、電流指令値 i_d^* はゼロである。d軸電流についてもq軸電流と同様に、実電流値 i_d が指令値 i_d^* に一致するように、偏差 $\Delta i_d (= i_d^* - i_d)$ を比例積分(PI)演算してd軸電圧指令値 V_d^* を算出する。このとき、電動機2が定常状態であればq軸電圧指令値 V_q^* 、d軸電圧指令値 V_d^* は、上述した電圧電流方程式(数式(1))に示されるq軸電圧 V_q 、d軸電圧 V_d と一致する。

【0032】続いて、上述した実電流値演算の際のベクトル分解と逆の演算を辿って、電圧指令値 V_q^* 、 V_d^* により、電動機2に印加すべき電圧である三相交流電圧指令値であるU相電圧指令値 V_u^* 、V相電圧指令値 V_v^* 、W相電圧指令値 V_w^* が算出される。更に、この三相交流電圧指令を印加するために、公知の三角波比較正弦波形近似PWM作成法などによってU、V、W各相上下アームの計6個のスイッチング素子5に対するゲート駆動信号が作られて制御演算装置9から電力変換半導体10内のスイッチング素子5a~5fのゲートGへ伝達される。

【0033】このような制御処理を行う制御演算装置9の具体的な構成例を、図2を用いて以下に説明する。図2において、15は信号入力インタフェース回路、16はA/D変換器、17はCPU、18はROM、19はRAM、20はゲート駆動信号作成回路、21はゲート駆動信号出力インタフェース回路であり、これら15~21により制御演算手段12が構成される。

【0034】次に、動作の詳細を示す。電動機2に流れる三相電流量が電流検出器14により検出され、制御演算手段12内の信号入力インタフェース回路15に信号伝達される。電流検出信号は信号入力インタフェース回路15にて波形整形、レベル変換された後、A/D変換器16にて離散数値に変換されてCPU17に取り込まれる。一方、図示しない外部装置より出力される電動機2への発生トルク指令信号も、信号入力インタフェース回路15、A/D変換器16を経て離散数値に変換されて発生トルク指令値 τ_m^* としてCPU17に取り込まれる。同様に周囲温度検出器13からの信号も信号入力インタフェース回路15、A/D変換器16を経て制御演算装置3の周囲温度としてCPU17に取り込まれる。

【0035】ところで、電流検出器14により検出されて制御演算手段12へ伝達され、電流値としてCPU17に取り込まれた電流値データには、誤差が含まれる。この誤差が発生する要因は、まず、第1に電流検出器14の特性のバラツキ、第2に電流検出器14の検出信号を制御演算手段12へ伝達する経路におけるノイズの影響、第3に制御演算手段12へ伝達した後、電流値として変換して取り扱う際の誤差が挙げられる。これらのうち第2の要因であるノイズの影響については、この場

合、電力変換半導体10に電流検出器14を内蔵する構成であること、さらに制御演算装置9と電力変換半導体10とが単一の容器内に収納して一体化された構造として電動機制御装置11を構成するため、各電流検出器14と制御演算手段12との間の信号経路が短くて済み、ノイズの重畳が低減されているため問題ない。また、第3の要因については、制御演算手段12内の信号入力インタフェース回路15を構成する電子回路部品における温度変動による定数変動によるものである。

【0036】このように、CPU17に取り込まれた電流検出器14からの電流値データには、電流検出器14の特性のバラツキおよび制御演算手段12内の電子回路部品における温度変動による定数変動によって、誤差が含まれるものである。このような誤差を補償する電流検出特性補償データを制御演算手段12内のROM18に予め記憶しておき、CPU17では、周囲温度検出器13からの周囲温度に基づいて、ROM18内の電流検出特性補償データを用い、取り込んだ電流値データに対して補正して電流値を算出する。

【0037】次に、CPU17はROM18に記憶されたプログラムに従い、RAM19を演算領域として使用しながら三相電流値のベクトル分解演算を行いd軸実電流値 i_d 、q軸実電流値 i_q を算出する。また、入力された発生トルク指令値 τ_m^* に基づきq軸電流指令値 i_q^* を算出する。また、d軸電流指令値 i_d^* を所定の値(この場合はゼロ)に設定する。続いて、CPU17はd軸、q軸各実電流値を各指令値に一致させるように、比例積分(PI)演算を行って各電圧指令値 V_d^* 、 V_q^* を算出し、三相交流座標軸へのベクトル逆変換を行い、三相交流電圧指令値 V_u^* 、 V_v^* 、 V_w^* を算出する。次に、算出した三相交流電圧指令値をゲート駆動信号作成回路20に入力し、スイッチング素子5をスイッチングするためのゲート駆動信号を作成する。この信号はゲート駆動信号出力インタフェース回路21へ伝達されて波形整形、レベル変換された後、電力変換半導体10内のスイッチング素子5a~5fのゲートGに伝達される。

【0038】図2では、制御演算装置9の構成例を、用いられている回路等により具体的に示したが、制御演算手段12が備えた機能を図3を用いて以下に説明する。図3において、22は電流検出特性補償データ格納部、23は電流値算出手段、24は電動機駆動信号演算生成手段である。電流検出器14により検出された三相の電流検出信号は電流値算出手段23に入力され、電流値算出手段23では、電流検出信号に応じて、電流検出特性補償データ格納部22が予め記憶している電流検出器14の特性バラツキを補償するための電流検出特性補償データを用いて、補正演算して三相電流値を算出する。また同時に、周囲温度検出器13からの信号が電流値算出手段23へ入力され、制御演算装置9の周囲温度が検出

される。電流値算出手段23は周囲温度に応じて、電流検出特性補償データ格納部22が予め記憶している電子回路部品の定数変動を補償するための電流検出特性補償データを用い、電流検出器14からの三相の電流検出信号に対して補正演算を行って三相電流値を算出する。電動機駆動信号演算生成手段24では、電流値算出手段23からの電流値を入力として上述した電動機駆動のための演算を行い、スイッチング素子5をスイッチングするためのゲート駆動信号を生成して出力する。

【0039】電流検出器14からの検出信号には、電流検出器14の特性のバラツキおよび制御演算手段12内の電子回路部品における温度変動による定数変動によって、誤差が含まれるものであるが、この実施の形態では、このような誤差を補償する電流検出特性補償データを予め記憶した格納部22を備え、電流検出特性補償データを用いて補正して電流値を算出する。このため、電動機2の発生トルク τ_m をトルク指令値 τ_m^* に追従させる電動機制御が、電流検出器14が有している製造時に発生する個体毎の特性バラツキや制御演算手段12内の電子回路部品への温度変動の影響を低減して、安定して信頼性の高い制御が可能になる。

【0040】なお、周囲温度に基づいて行う温度変動による電子回路部品の定数変動を補償する補正と、個体毎の特性バラツキを補償する補正とは、同時に行っても、別々に行っても良く、また、どちらか一方のみの補正を可能としたものでも良い。さらに、それぞれの補正のための電流検出特性補償データは共に格納部22に予め記憶されているものとしたが、各々別の格納部に記憶しても良い。

【0041】また、電流検出特性補償データのみ、あるいは個体毎の特性バラツキのための電流検出特性補償データのみを1つのROMに記憶する等により、格納部22の範囲を明確にすることができ、その部分のみを容易に変更することが可能になる。このため、電流値検出時の補正に関連して、例えば車種や使用国等による設定変更が容易に行うことができ、煩雑さを低減しつつ電流検出精度を高く維持できる。

【0042】実施の形態2. 以下、この発明の実施の形態2を説明する。図4は、この発明の実施の形態2による電動機制御装置の構成を示すブロック図である。なお、図中、図1～図3のものと同一符号は、同一または相当部分を示す。図に示すように、各相の上下アームのパワー素子7に対して、その近傍にパワー素子温度検出器25(25a～25c)を配し、また、パワー素子7と電動機2とを接続する電力線路上に配置してU相、V相、W相の電流を検出する電流検出器26(26a～26c)を、抵抗特性を有する素子で構成してパワー素子7と同一基板上でパワー素子7近傍に配置して電力変換半導体10に内蔵する。また、制御演算手段12内にパワー素子温度算出手段27と、パワー素子温度算出のた

めに温度検出器25の特性データを予め記憶した温度検出特性格納部28とを備える。

【0043】次に、動作について説明する。パワー素子温度検出器25により検出されたパワー素子温度検出信号はパワー素子温度算出手段27に入力される。パワー素子温度算出手段27は入力したU、V、W各相パワー素子温度検出信号に応じて、予め温度検出特性格納部28に記憶されたパワー素子温度検出器25の特性データに基づいて各相のパワー素子温度を算出する。なお、パワー素子温度検出器25は、例えば温度検出用ダイオードで構成され、スイッチング素子5の過熱防止のために、パワー素子温度を認識するため配置されたもので、この温度検出器25の近傍に電流検出器26が配置されるように、電流検出器26をパワー素子7近傍に配置したため、パワー素子温度検出器25で認識されるパワー素子温度を電流検出器25の温度として利用できる。

【0044】電流検出器26により検出された三相の電流検出信号は電流値算出手段23に入力される。ここで電流検出器26が抵抗特性を持つことより、三相交流電流が電流検出器26の中を流れる際に抵抗成分の両端に発生する電位差が、電流検出信号となる。電流値算出手段23では、パワー素子温度算出手段27からの各相パワー素子温度に応じて、電流検出特性補償データ格納部22が予め記憶している電流検出特性補償データを用いて、電流検出器26からの三相の電流検出信号に対して補正演算して三相電流値を算出する。ここで用いる電流検出特性補償データ格納部22に予め記憶された電流検出特性補償データは、この場合、電流検出器26の個体毎の温度変動による特性バラツキを補償するデータである。

【0045】また上記実施の形態1と同様に、周囲温度検出器13からの信号も電流値算出手段23へ入力され、制御演算装置9の周囲温度が検出される。電流値算出手段23は周囲温度に応じて、電流検出特性補償データ格納部22が予め記憶している電子回路部品の定数変動を補償するための電流検出特性補償データを用い、電流検出器26からの三相の電流検出信号に対して補正演算を行って三相電流値を算出する。電動機駆動信号演算生成手段24では、電流値算出手段23からの電流値を入力として上述した電動機駆動のための演算を行い、スイッチング素子5をスイッチングするためのゲート駆動信号を生成して出力する。

【0046】この実施の形態では、電流検出器26に抵抗特性を有する素子を採用したため電流検出器26をパワー素子7と同一基板上に容易に構成することができるが、周囲環境の変動、特に温度変動の影響を受けやすく、電流検出信号には、個体毎の特性バラツキに加えて温度変動による誤差が大きくなるものである。このような誤差を解消するため、パワー素子温度検出器25を用いて、電流検出器26の温度を検出させ、この検出温度

に依じて、予め記憶された電流検出特性補償データを用いて補正して電流値を算出するようにした。このため、高精度で信頼性の高い電流値が得られる。また、周囲温度検出器 13 からの周囲温度に基づいた補正も併せて行い、制御演算手段 12 内の電子回路部品への温度変動の影響も低減して、安定して信頼性の高い制御が可能になる。

【0047】また、予めパワー素子温度検出器 25 の特性データを温度検出特性格納部 28 に記憶しておき、パワー素子温度算出手段 27 は、パワー素子温度検出器 25 により検出されたパワー素子温度検出信号に応じて、パワー素子温度検出器 25 の特性データを用いて、各相のパワー素子温度を算出する。このパワー素子温度検出器 25 の特性データは、例えば、周囲温度検出器 13 から得られる周囲温度と関連した実績データを予め記憶したもので、このような特性データを用いて温度算出を行うようにしたため、信頼性良く高精度な温度検出が、個々のパワー素子温度検出器 25 に対して行なうことができ、これにより、電流値算出手段 23 で算出される電流値の精度もさらに向上する。

【0048】なお、この実施の形態では、電流検出器 26 をパワー素子 7 の近傍に配置してパワー素子温度検出器 25 からの検出温度を電流検出器 26 の温度として利用したが、各相の電流を検出する電流検出器 26 のそれぞれの近傍に温度検出器を設けて、電流検出器 26 の温度検出を行っても良い。

【0049】実施の形態 3. 次に、上記実施の形態 2 において、温度検出特性格納部 28 に予め記憶され、パワー素子温度算出手段 27 での温度算出の際に用いるパワー素子温度検出器 25 の特性データについて、特性マップ、および特性の記憶方法の例を具体的に図を用いて説明する。このような特性データを作成して記憶する手段は、制御演算手段 12 が予め備えており、電動機 2 の制御運転に先立って行われる。図 5 は、パワー素子温度検出器 25 の特性マップ作成時に用いるシステムの構成を示すブロック図である。なお、便宜上、V 相、W 相については図示を省略するものとし、図中、図 4 と同一符号は、同一または相当部分を示す。ここでは、制御演算手段 12 の具体的な構成例として図 2 に示されるものを考える。図 5 において、29 は電力変換半導体 10 の外部に配置されて三相電流実際値を検出する高精度電流検出器である。図 6 は、パワー素子温度特性マップ作成時のスイッチング素子 5a~5f をスイッチングするパターンを示す図である。図 7 は、温度検出特性格納部 28 に記憶されるパワー素子温度検出器 25 の特性データとしてのパワー素子温度検出特性マップである。図 8 および図 9 は、パワー素子温度検出特性マップの作成・記憶処理を示すフローチャートである。

【0050】パワー素子温度検出特性マップの作成・記憶処理は、上記実施の形態 2 による電動機制御装置によ

り図 5 に示されるシステムを構成して行い、図 8、図 9 のフローチャートに基づいて以下に説明する。まず、制御演算装置 9 および電力変換半導体 10 はパワー素子 7 の動作温度範囲の下限値、例えば常温付近に初期設定し、m、j の値も初期値 0 に設定する (S0)。CPU 17 は図 6 に示すスイッチングパターン 0~7 を組み合わせてスイッチング素子 5a~5f を ON あるいは OFF する。ここでスイッチングパターンの組み合わせは、電動機 2 に流れる三相電流値、即ち高精度電流検出器 29 により検出される三相電流実際値が、所定の指示値 i^* となるように、上記実施の形態 1 で述べた演算を経て公知の三角波比較正弦波近似 PWM 作成法などにより決定される。但し三相電流を流す目的は U、V、W 相各アームの上下のスイッチング素子 5 を均等に ON してパワー素子 7 の温度を調整することにあるため、この目的に沿うものであればスイッチングのパターンについて制約されない。このように、スイッチングパターン 0~7 を組み合わせて、電動機電流値が指示値 i^* となるように、スイッチングによりパワー素子 7 の温度を上昇させ、周囲温度検出器 13 により制御演算装置 9 の周囲温度 t_{mj} を検出する (S1)。

【0051】次に、パワー素子温度特性マップ作成開始後の経過時間が所定時間を超過しているか否かを判定する (S2)。S2 で超過している場合は特性マップ作成の進捗が不調であることから異常終了とする (S3)。S2 で超過していない場合は、パワー素子温度が飽和して落ち着いたか否かを判定する。これは、前回周期にサンプルした制御演算装置 9 の周囲温度 $t_{m(j-1)}$ と今回周期にサンプルした周囲温度 t_{mj} の偏差 $|\Delta t_{mj}| (= |t_{mj} - t_{m(j-1)}|)$ が所定の温度飽和判定閾値 Δt_{th} 以下であるか否かを判定する。ここで温度飽和判定閾値 Δt_{th} は周囲温度と各相パワー素子温度が等しいとみなせるような適切な値に設定する。また、 $j=0$ の時は、判定しないで S5 に移る (S4)。S4 で $|\Delta t_{mj}| > \Delta t_{th}$ であり、まだ温度が飽和していないと判定される場合、 j に 1 を加算して (S5)、S1 に戻り、次回周期の周囲温度 t_{mj} を検出する。

【0052】S4 で $|\Delta t_{mj}| \leq \Delta t_{th}$ であり、温度が飽和したと判定される場合、パワー素子温度検出器 25 a~25 c からの検出信号 (U 相 α_{um} 、V 相 α_{vm} 、W 相 α_{wm}) が妥当性のある値であるか否かを判定する。これは、検出信号どうしの偏差が所定の U、V、W 相温度検出値飽和判定閾値 $\Delta \alpha_{th}$ 以下であるか否かを判定する (S6)。S6 で、 $\Delta \alpha_{th} < \max(|\alpha_{um} - \alpha_{vm}|, |\alpha_{vm} - \alpha_{wm}|, |\alpha_{wm} - \alpha_{um}|)$ であり、検出信号が妥当性なしと判定される場合、 j に 1 を加算して (S5)、S1 に戻る。S6 で、 $\Delta \alpha_{th} \geq \max(|\alpha_{um} - \alpha_{vm}|, |\alpha_{vm} - \alpha_{wm}|, |\alpha_{wm} - \alpha_{um}|)$ であり、検出信号が妥当性ありと判定される場合、周囲温度 t_{mj} をパワー素子温度 t_m と読み替え (S7)、パワー素子温

度 t_m 、U相パワー素子温度検出値 α_{um} 、V相パワー素子温度検出値 α_{vm} 、W相パワー素子温度検出値 α_{wm} をパワー素子温度検出特性マップの m 行目 (図 7 参照) に記憶する (S8)。

【0053】続いてパワー素子温度検出特性マップの $m+1$ 行目のデータを作成するために、電動機 2 に流れる三相電流指示値 i^* に Δi^* を加算して漸増させる。ここで Δi^* は周囲温度から読み替えた m 行目データであるパワー素子温度 t_m を $m+1$ 行目データであるパワー素子温度 t_{m+1} まで上昇させるのに適切な値に設定される (S9)。次にパワー素子の温度検出を要する温度範囲の上限値まで特性マップが作成されたか否かを、 m が所定の値 n 以上であるかどうかで判定する (S10)。 $m < n$ ならば m に 1 を加算し、 j を初期値 0 に戻した後 (S11)、S1 に戻る。S10 で、 $m \geq n$ ならば、必要な温度範囲のパワー素子温度特性マップが作成されたとして処理を終了する。

【0054】以上の流れによりパワー素子温度検出特性マップが作成されて温度検出特性格納部 28 に記憶され、電動機制御装置 11 の制御演算装置 12 の運転時には、パワー素子温度算出手段 27 で温度算出の際に、予め記憶されているパワー素子温度検出器 25 の特性データとして用いられる。即ち、パワー素子温度算出手段 27 において、U、V、W 各相のパワー素子温度検出信号それぞれにて、パワー素子温度検出特性マップを参照することにより各相のパワー素子温度を算出する。例えば、U 相のパワー素子温度の算出は次の手順となる。まず U 相パワー素子温度検出器 25a の検出値 α_{ux} に基づいて、図 7 に示されるパワー素子温度検出特性マップの U 相要素列の内から α_{ux} を間に挟んで低温側、高温側の 2 つの要素を選択する。ここで低温側の要素を α_{um} 、これに対応する温度を t_m とする。また、高温側の要素を $\alpha_{u(m+1)}$ 、これに対応する温度を t_{m+1} とする。検出値が α_{ux} の場合のパワー素子温度 t_{ux} は比例計算により、 $t_{ux} = (t_{m+1} - t_m) \times (\alpha_{ux} - \alpha_{um}) / (\alpha_{u(m+1)} - \alpha_{um}) + t_m$ の形で補間して算出される。また、V 相、W 相についても同様に算出される。

【0055】このように、パワー素子温度検出特性マップの特性データは、周囲温度検出器 13 からの周囲温度と関連したデータで構成され、周囲温度を用いた特性データに基づいて、各相のパワー素子温度検出器 25a ~ 25c の検出信号からパワー素子温度を精度良く算出することができる。

【0056】なお、U、V、W 各相のパワー素子温度検出器 25a ~ 25c のそれぞれについて別々に特性データを採取して相毎の特性データを作成しても良い。また、ここでは基準となる温度を周囲温度検出器 13 からの周囲温度としたが、温度データが容易に信頼性良く検出できるものであれば、これに限るものではない。その場合、各相毎に温度検出器を備えて用いても良く、特性

データの精度がさらに向上する。

【0057】さらにまた、このようなパワー素子温度検出器 25 の特性データに基づいてパワー素子温度算出手段 27 で算出されたパワー素子温度は、電流検出器 26 の温度として利用するだけでなく、スイッチング素子 5 の過熱防止のためのパワー素子温度として当然用いることができ、パワー素子温度が精度良く検出できるため、過熱防止の信頼性も向上する。

【0058】実施の形態 4. 次に、上記実施の形態 2 において、電流検出特性補償データ格納部 22 に記憶される電流検出器 26 の個体毎の温度変動による特性バラツキを補償するデータについて、補正マップとしての特性マップ、および特性の記憶方法の例を具体的に図を用いて説明する。このような電流検出特性補償データを作成して記憶する手段は、制御演算手段 12 が予め備えており、電動機 2 の制御運転を行うに先立って行われる。パワー素子温度検出特性マップは、例えば、上記実施の形態 3 に示す処理により既に作成されて温度検出特性格納部 28 に記憶されているものとする。図 10 は、電流検出器 26 の特性マップ作成時のシステムの構成を示すブロック図である。なお、便宜上、V 相、W 相については図示を省略するものとし、図中、図 4 と同一符号は、同一または相当部分を示す。ここでは、制御演算手段 12 の具体的な構成例として図 2 に示されるものを考える。図 10 において、30 は電力変換半導体 10 の外部に配置され、電流実値を検出する高精度電流検出器、31 は電流偏差出力器、32 は相切替器、33 は定電流負荷装置であり、特性マップ作成時に電動機 2 に替えて電力変換半導体 10 と接続される。

【0059】図 11 は、電流検出特性マップ作成時のスイッチング素子 5a ~ 5f をスイッチングするパターンを示す図である。図 12 は、電流検出特性補償データ格納部 22 に記憶される電流検出特性補償データが構成する電流検出特性マップであり、U、V、W 各相毎の検出特性がそれぞれ対応した特性マップとして構成される例を示している。図 13 ~ 図 15 は、電流検出特性マップの内、U 相と W 相の特性マップの作成・記憶処理を示すフローチャートである。U 相と W 相の電流検出特性マップの作成・記憶は、上記実施の形態 2 による電動機制御装置 11 により図 10 に示されるシステムを構成して行い、図 13 ~ 図 15 のフローチャートに基づいて以下に説明する。

【0060】まず、制御演算装置 9 および電力変換半導体 10 はパワー素子 7 の使用温度範囲の下限値 t_0^* 、例えば常温付近に初期設定し、 m 、 j の値も初期値 0 に設定する (T0)。制御演算手段 12 により定電流負荷装置 33 に対して負荷電流指示値として基準電流値 i_m を設定する。また、実電流は高精度電流検出器 30 で検出され電流偏差出力器 31 および電流値算出手段 23 に入力される。電流偏差出力器 31 では基準電流値 i_m と実

電流値との偏差を算出し定電流負荷装置33に力する。この入力により定電流負荷装置33は負荷電流を微調整する(T1)。次に、図10に示されるスイッチングパターンA1に従いスイッチング素子5a、5fをON、これ以外をOFFして、電力変換半導体10のU相からW相へ直流電流(=基準電流値 i_m)を流し、この時のU相電流検出器26aの検出値 β_{umj_A1} 、W相電流検出器26cの検出値 β_{wmj_A1} を読み込む。なお、相切替器32は電流がUW間に流れるようU相側に接続される(T2)。

【0061】次に図10に示されるスイッチングパターンA2に従いスイッチング素子5b、5eをON、これ以外をOFFして、電力変換半導体10のW相からU相へ直流電流を流し、この時のU相電流検出器26aの検出値 β_{umj_A2} 、W相電流検出器26cの検出値 β_{wmj_A2} を読み込む(T3)。次に、電流検出特性マップ作成開始後の経過時間が所定時間を超過しているか否かを判定する(T4)。T4で超過している場合は特性マップ作成の進行が不調であることから異常終了とする(T5)。T4で超過していない場合は、U相パワー素子温度 t_{umj} およびW相パワー素子温度 t_{wmj} が、前回周期でのデータ記憶時パワー素子温度 $t_{um(j-1)}$ 、 $t_{wm(j-1)}$ と比較して所定の温度上昇判定閾値 Δt_{th} (特性マップの温度軸のデータ刻み)よりも上昇したか否かを判定する。ここで、U相パワー素子温度 t_{umj} およびW相パワー素子温度 t_{wmj} は、パワー素子温度検出器25a、25bの検出信号から温度検出特性格納部28に記憶されたパワー素子温度検出器25の特性データに基づいてパワー素子温度算出手段27により算出するものである。また、 $j=0$ のときは判定しないでT7に移る(T6)。T6で、 $(t_{umj} - t_{um(j-1)}) < \Delta t_{th}$ または $(t_{wmj} - t_{wm(j-1)}) < \Delta t_{th}$ であり、特性マップの温度軸のデータ刻みよりもパワー素子温度が上昇していないと判定される場合には、T2に戻る。

【0062】T6で、 $(t_{umj} - t_{um(j-1)}) \geq \Delta t_{th}$ かつ $(t_{wmj} - t_{wm(j-1)}) \geq \Delta t_{th}$ であり、特性マップの温度軸のデータ刻みよりもパワー素子温度が上昇したと判定される場合には、U相電流検出値 β_{umj_A1} 、 β_{umj_A2} およびW相電流検出値 β_{wmj_A1} 、 β_{wmj_A2} が妥当性のある値であるか否かを、検出信号どうしの偏差が所定値 $\Delta \beta_{th}$ (電流検出器検出値収束判定閾値)以内に収まっているか否かで判定する(T7)。T7で、 $\Delta \beta_{th} < \max(|\beta_{umj_A1} + \beta_{umj_A2}|, |\beta_{wmj_A2} + \beta_{wmj_A1}|)$ であり検出信号が妥当性なしと判定される場合、T2に戻る。

【0063】T7で、 $\Delta \beta_{th} \geq \max(|\beta_{umj_A1} + \beta_{umj_A2}|, |\beta_{wmj_A2} + \beta_{wmj_A1}|)$ であり検出信号が妥当性ありと判定される場合、U相からW相へ電流が流れた場合のU相電流検出値 β_{umj_A1} とW相からU相へ電流が流れた場合のU相電流検出値 β_{umj_A2} の

平均を取り β_{umj} とする。またW相からU相へ電流が流れた場合のW相電流検出値 β_{wmj_A2} とU相からW相へ電流が流れた場合のW相電流検出値 β_{wmj_A1} の平均を取り β_{wmj} とする。但し、いずれも電力変換半導体10から外部へ電流が流れ出す方向を正方向とする(T8)。次に、U相パワー素子温度 t_{umj} とU相電流検出値 β_{umj} とを電流検出特性マップのうち、U相特性マップの um ブロック(図12参照)に記憶する。これは、U相パワー素子温度が t_{umj} の場合にU相電流検出器26aに電流 i_m が流れた際の電流検出器出力信号は β_{umj} となることを関連付けて記憶するものである(T9)。

続いて、U相特性マップの場合と同様にW相特性マップの wm ブロックにW相パワー素子温度 t_{wmj} とW相電流検出値 β_{wmj} とをそれぞれ記憶する(T10)。

【0064】次に、パワー素子温度がパワー素子7の使用温度範囲の上限値まで達して、電流検出特性マップで必要な個数のデータが記憶されたか否かを、 $(t_{umj} \geq t_r)$ かつ $(t_{wmj} \geq t_r)$ であるか否かで判定する。但し t_r はパワー素子7の使用温度範囲の上限値である(T11)。T11で、 $(t_{umj} < t_r)$ または $(t_{wmj} < t_r)$ であり、パワー素子温度がパワー素子7の使用温度範囲の上限値まで達していない場合、 j に1加算し(T12)、更にパワー素子7の温度が上昇した場合の電流検出特性マップのデータを作成するため、T2に戻る。T11で、 $(t_{umj} \geq t_r)$ かつ $(t_{wmj} \geq t_r)$ であり、パワー素子温度がパワー素子7の使用温度範囲の上限値まで達した場合、即ち、電流 i_m が流れた時のパワー素子7の使用温度範囲内でのデータが揃ったことから、 j の値を0に戻して、 m に1加算し(T13)、パワー素子7の温度をパワー素子使用温度範囲内での下限値にあわせるため、スイッチングを停止する(T14)。

【0065】続いて、U相パワー素子温度およびW相パワー素子温度をパワー素子温度検出器25からの検出値から算出し、特性マップ要素の0番目の基準値である使用温度範囲内での下限値 t_0 まで低下したか否かを判定する。 $(t_{umj} > t_0)$ または $(t_{wmj} > t_0)$ であり、まだ温度が十分低下していない場合には、再びU相パワー素子温度およびW相パワー素子温度を検出して上記判定を行う(T15)。T15で、 $(t_{umj} \leq t_0)$ かつ $(t_{wmj} \leq t_0)$ であり、温度が低下した場合、U相電流検出特性マップおよびW相電流検出特性マップのデータが揃い作成が終了したか否かを、 m が所定の値 n を越えたかどうかで判定する。但し n 行目のデータは電流検出特性マップの最終行のデータであり、標準的には、電流検出器25に要求される内の最大電流でのデータである(T16)。

【0066】T16で、 $m \leq n$ であり、電流検出特性マップのデータがまだ揃っていない場合、次の行のデータを作成するために、定電流負荷装置33に指示する負荷

電流値 i_m に電流検出特性マップの電流軸の刻み値である Δi_m を加算して漸増させ、T1に戻る (T17)。
T16で、 $m > n$ であり、電流検出特性マップのデータがすべて揃った場合には、U相、W相の電流検出特性マップの作成が完了したとして終了する。

【0067】以上の流れによりU相、W相の電流検出特性マップが作成される。V相の電流検出特性マップの作成については、図13～図15のU相とW相の特性マップの作成・記憶処理を示すフローチャートにてU相をV相に置き換えるとともに、更に相切替器32をV相側に接続すること、および図11に示されるスイッチングパターンB1、B2に従いスイッチング素子をスイッチングすることにより、同様に作成される。

【0068】電動機制御装置11における電動機2の制御運転時には、電流値算出手段23において、電流検出器26の検出信号値に基づいて、U、V、W各相毎に電流検出特性補償データ格納部22に記憶された電流検出特性マップを参照し、U、V、W各相の電流検出特性補償データを用いて各相の電流値を算出する。例えばU相の電流値の算出は次の手順となる。まず図12に示されるU相電流検出特性マップにおいて、データ参照の対象として、パワー素子温度算出手段27より得られるU相パワー素子温度 t_{ux} に基づいて、記憶ブロック $u_0 \sim u_n$ における要素の内、 t_{ux} を間に挟んで高温側、低温側で最も値に近い2つの要素をそれぞれの記憶ブロック毎に選択する。続いて、記憶ブロック $u_0 \sim u_n$ 毎に2つずつ選択した要素のペアの中から、U相電流検出器26aの検出信号値 β_{ux} に基づいて、 β_{ux} を間に挟むものを選択する。これにより、隣接する2つの記憶ブロック u_m 、 $u_{(m+1)}$ の要素が2つずつ選択され、すなわち、U相電流検出特性マップの要素においてU相パワー素子温度 t_{ux} 、検出信号値 β_{ux} を取り囲む4つのデータを選択することになる。

【0069】上記4つのデータを、(記憶ブロック、パワー素子温度、電流検出値)で表すと、 $(u_m, t_{umj}, \beta_{umj})$ 、 $(u_m, t_{um(j+1)}, \beta_{um(j+1)})$ 、 $(u_{(m+1)}, t_{u(m+1)j}, \beta_{u(m+1)j})$ 、 $(u_{(m+1)}, t_{u(m+1)(j+1)}, \beta_{u(m+1)(j+1)})$ となる。次に、記憶ブロック u_m におけるU相パワー素子温度 t_{ux} での電流検出値を t_{umj} 、 $t_{um(j+1)}$ および β_{umj} 、 $\beta_{um(j+1)}$ を用いて補間して算出し β_{um} とする。この時 β_{um} はU相パワー素子温度 t_{ux} にて電流 i_m が流れている場合のU相電流検出値を指す。ここで例えば、 $\beta_{um} =$

$$Rtk = Rt(m-1) \cdot \{1 + \alpha t_m \times 10^{-6} \times (tk - t(m-1))\} \dots (4)$$

但し、 t_k 、 t_m 、 $t(m-1)$ は温度であり、 $t(m-1) < t_k \leq t_m$ とする。 Rtk は温度 t_k での抵抗分、 $Rt(m-1)$ は温度 $t(m-1)$ での抵抗分であり、 αt_m は $t(m-1)$ から t_m の温度間における 1°C 当りの抵抗分の変化率を示す温度係数である。

【0072】ここで温度係数 αt_m は電流検出器26の

$\ast (\beta_{um(j+1)} - \beta_{umj}) \times (t_{ux} - t_{umj}) / (t_{um(j+1)} - t_{umj}) + \beta_{umj}$ の形で比例計算により線形補間する。同様にして、記憶ブロック $u_{(m+1)}$ におけるU相パワー素子温度 t_{ux} での電流検出値を $t_{u(m+1)j}$ 、 $t_{u(m+1)(j+1)}$ および $\beta_{u(m+1)j}$ 、 $\beta_{u(m+1)(j+1)}$ を用いて補間して算出し $\beta_{u(m+1)}$ とする。この時 $\beta_{u(m+1)}$ はU相パワー素子温度 t_{ux} にて電流 $i_{(m+1)}$ が流れている場合のU相電流検出値を指す。このとき、 $\beta_{u(m+1)} = (\beta_{u(m+1)(j+1)} - \beta_{u(m+1)j}) \times (t_{ux} - t_{u(m+1)j}) / (t_{u(m+1)(j+1)} - t_{u(m+1)j}) + \beta_{u(m+1)j}$ の形で線形補間する。最後にU相電流検出値が β_{ux} の場合のU相電流値 i_{ux} を、 $i_{ux} = (i_{(m+1)} - i_m) \times (\beta_{ux} - \beta_{um}) / (\beta_{u(m+1)} - \beta_{um}) + i_m$ として算出する。V相、W相についても同様に算出される。

【0070】以上のように、電流検出特性補償データ格納部22に(指示電流値による記憶ブロック、パワー素子温度、電流検出値)により電流検出特性マップを構成して格納したため、電流検出器26からの電流検出信号には、個体毎の特性バラツキに加えて温度変動による誤差が含まれているものであるが、上記格納部22からの電流検出特性補償データにより補正して誤差を解消でき、高精度で信頼性の高い電流値が得られる。また、電流検出特性補償データ作成時のパワー素子7のスイッチング動作を、電流検出器26に流れる電流が直流となるように行うため、電流検出特性補償データ作成が容易に行うことができ、データ作成時間も短縮できる。

【0071】実施の形態5。次に、格納部に記憶された電流検出特性補償データが、温度に関する補正式で構成される場合について説明する。なお、電流検出特性補償データの記憶構成を除くシステム全体の構成は実施の形態2で示される構成と同一であるため、説明を省略する。図16は、電流検出特性補償データを温度に関する補正式で構成する場合の補正式演算係数マップを示す図である。電流検出器26は抵抗特性を持つことから電流検出器26に流れる電流 i_k 、電流検出器26の抵抗分 Rtk 、電流検出器26の検出値 V_{sen} の間には次の関係が成り立つ。ここで上述したように、三相交流電流が電流検出器26の中を流れる際に抵抗成分の両端に発生する電位差が、電流検出信号(検出値 V_{sen})となる。

$$i_k = V_{sen} / Rtk \dots (3)$$

ここで抵抗分 Rtk は温度により変化をし、その特性は次式のようになることが判っている。

構成材料に固有の値として概略定まる値であるが、厳密に値を設定することでより正確な電流値の算出が可能となる。このため、電流検出特性補償データとなる上記式(4)に示す補正式の演算係数を、図16で示される補正式演算係数マップの様式にて各温度における温度係数 αt_m および抵抗分 Rtm を電流検出特性補償データ格納

部 22 に予め記憶しておく。電動機制御装置 11 の運転時には、まず、パワー素子温度算出手段 27 により算出されたパワー素子温度に応じ、電流検出特性補償データ格納部 22 の補正式演算係数マップより温度係数 α_{tm} と抵抗分 R_{tm} を抽出して上記式 (4) の補正式に基づいて抵抗分 R_{tk} を算出し、さらに電流値算出手段 23 にて上記式 (3) に基づいて電流値 i_k を算出する。

【0073】この実施の形態においても、上記実施の形態 4 と同様に、格納部 22 からの電流検出特性補償データにより個体毎の特性バラツキおよび温度変動による誤差を補正して解消でき、高精度で信頼性の高い電流値が得られる。また、図 17 で示される補正式演算係数マップは、電流検出器 26 の使用温度範囲すなわちパワー素子 7 の動作温度範囲における温度係数 α の変動が少ない場合には温度軸の刻みを粗くすることが可能なため、相対的に上記実施の形態 4 における図 12 に示す電流検出特性マップより少ない要素数で構成できる。なお、補正式演算係数マップの作成は上記実施の形態 4 で示した電流検出特性マップの作成と同様に、図 13 ～ 図 15 のフローチャートに示す同様の処理により、素子温度 t 、温度係数 α 、抵抗値 R を記憶することにより、作成できる。但し、抵抗値 R は上記式 (3) を、温度係数 α は上記式 (4) を用いて逆算して得るものである。

【0074】

【発明の効果】以上のようにこの発明に係る請求項 1 記載の電動機制御装置は、パワー素子を内蔵した電力変換装置と、該パワー素子と電動機とを接続する電力線路上に配された電流検出器と、該電流検出器からの検出電流を用いて上記パワー素子のスイッチングを制御する制御演算装置とを備えて、上記電動機の通電電流を制御する装置構成であって、上記制御演算装置が、上記電流検出器の特性バラツキを補償するための電流検出特性補償データを予め記憶した格納部と、該電流検出特性補償データに基づいて上記電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段と、該算出された電流値に基づいて上記パワー素子のスイッチングを制御する駆動信号を演算生成する手段とを備えたため、スイッチング制御の基となる電流検出器からの検出電流を、電流検出器の特性バラツキなどの誤差を補償して信頼性良く高精度に検出することができ、制御性が向上する。

【0075】またこの発明に係る請求項 2 記載の電動機制御装置は、電力変換装置内のパワー素子と電動機とを接続する電力線路上に配された電流検出器と、該電流検出器からの検出電流を用いて上記パワー素子のスイッチングを制御する制御演算装置とを備えて、上記電動機の通電電流を制御する電動機制御装置であって、上記制御演算装置の周囲温度を検出する周囲温度検出器を設け、該制御演算装置が、検出された周囲温度に基づいて、該制御演算装置内の電子回路部品における温度変動による定数変動を補償するように、上記電流検出器からの検出

電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段を備えたため、スイッチング制御の基となる電流検出器からの検出電流を、上記電子回路部品による定数変動による誤差を補償して信頼性良く高精度に検出することができ、制御性が向上する。

【0076】またこの発明に係る請求項 3 記載の電動機制御装置は、請求項 1 において、制御演算装置の周囲温度を検出する周囲温度検出器を設け、電流検出特性補償データに基づいて電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段が、該電流値算出の際に、上記検出された周囲温度に基づいて該制御演算装置内の電子回路部品における温度変動による定数変動を補償するような補正演算を併せて行うことを可能としたものである。上記電流検出器からの検出電流を補正して電流値を算出する電流値算出手段を備えたため、スイッチング制御の基となる電流検出器からの検出電流を、電流検出器の特性バラツキや上記電子回路部品による定数変動による誤差を補償して信頼性良く高精度に検出することができ、制御性が一層向上する。

【0077】またこの発明に係る請求項 4 記載の電動機制御装置は、請求項 1 ～ 3 のいずれかにおいて、電流検出器が電力変換装置に内蔵され、該電力変換装置と制御演算装置とが単一の容器内に収納されたため、組み立て工数、構成部品、および故障要因箇所が少ない構造となると共に、さらに電流検出器と制御演算装置との間の信号経路短縮によりノイズの影響が低減でき、検出電流値の信頼性が一層向上する。

【0078】またこの発明に係る請求項 5 記載の電動機制御装置は、請求項 1 または 3 において、電力変換装置と制御演算装置とが単一の容器内に収納され、電流検出器に抵抗特性を有するものを採用して上記電力変換装置に内蔵し、該電流検出器近傍に温度検出器を備え、格納部が上記電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する電流検出特性補償データを予め記憶したものであって、該電流検出特性補償データおよび上記温度検出器からの検出温度に基づいて、上記電流検出器からの検出電流を電流値算出手段により補正して電流値を算出するため、抵抗特性を有して電力変換装置内に容易に内蔵できる電流検出器における、温度変動による特性バラツキに起因する誤差を補償して、信頼性良く高精度に電流値を検出することができ、制御性が一層向上する。

【0079】またこの発明に係る請求項 6 記載の電動機制御装置は、請求項 5 において、電流検出器がパワー素子近傍に配置され、温度検出器が、該パワー素子の過熱を防止するためのパワー素子温度検出器を兼ねるため、電流検出器の温度をパワー素子温度検出器で容易に検出でき、電流検出器における検出電流値の精度向上とパワー素子の過熱防止効果とを併せ持ち、簡略な装置構成で信頼性向上が図れる。

【0080】またこの発明に係る請求項 7 記載の電動機

制御装置は、請求項 5 または 6 において、温度検出器の特性が、請求項 3 記載の周囲温度検出器からの検出温度と関連したデータで構成されて予め記憶され、制御演算装置が、該温度検出器の特性データに基づいて該温度検出器からの検出値から温度を算出する温度算出手段を備えたため、温度検出器の特性データを信頼性良く容易に構築できて高精度に温度が検出できる。

【0081】またこの発明に係る請求項 8 記載の電動機制御装置は、請求項 1、3 または 5～7 のいずれかにおいて、電動機の制御運転を行う前に予め電流検出特性補償データを作成する手段を制御演算装置内に備え、電流検出器の特性を測定し、該特性バラツキを補償する上記電流検出特性補償データを作成して格納部に記憶するため、電動機の制御運転時と同一装置を用いて、制御のための電流検出特性補償データの作成が容易に行うことができ、効率的で信頼性の高い電動機制御が可能になる。

【0082】またこの発明に係る請求項 9 記載の電動機制御装置は、請求項 8 において、電流検出特性補償データを作成する際に、パワー素子のスイッチング動作を伴って電流検出器の特性を測定するため、信頼性の高いデータ作成が容易で効果的に行える。

【0083】またこの発明に係る請求項 10 記載の電動機制御装置は、請求項 5～7 のいずれかにおいて、電動機の制御運転を行う前に予め電流検出特性補償データを作成する手段を制御演算装置内に備え、温度検出器からの検出温度に基づいてパワー素子のスイッチング動作を調整して電流検出器の特性を測定し、該電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する上記電流検出特性補償データを作成して格納部に記憶するため、電動機の制御運転時と同一装置を用いて、制御のための電流検出特性補償データの作成が容易に行うことができ、信頼性の高いデータ作成が容易で効果的に行えるとともに、効率的で信頼性の高い電動機制御が可能になる。

【0084】またこの発明に係る請求項 11 記載の電動機制御装置は、請求項 9 または 10 において、電流検出特性補償データ作成時のパワー素子のスイッチング動作を、電流検出器に流れる電流が直流となるように行うため、電流検出特性補償データ作成が容易に行うことができ、データ作成時間も短縮できる。

【0085】またこの発明に係る請求項 12 記載の電動機制御装置は、請求項 1、3 または 5～11 のいずれかにおいて、電流検出特性補償データは、各電流検出器に対して個別に記憶され、電流値算出手段による電流値の算出も各電流検出器に対して行うため、電流検出器の個体毎の特性バラツキも補償でき、高精度に電流値を検出できる。

【0086】またこの発明に係る請求項 13 記載の電動機制御装置は、請求項 1、3 または 5～12 のいずれかにおいて、電流検出特性補償データが、温度に関する補正マップあるいは、温度に関する補正式で構成されるた

め、電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する電流検出特性補償データが確実に得られる。

【0087】またこの発明に係る請求項 14 記載の電動機制御装置は、請求項 13 において、電流検出器からの検出値データを、請求項 5 記載の温度検出器から検出された温度データと共に、上記電流検出器を流れる指示電流値に対して該温度データの値が所定の間隔になるように収集し、上記指示電流値を所定の間隔で変化させて収集した（指示電流値、温度データ、検出値データ）により補正マップを構成したため、電流検出器の温度変動による特性バラツキを補償する電流検出特性補償データを、容易で確実に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 による電動機制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】 この発明の実施の形態 1 による制御演算装置の具体的な構成例を示す図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 1 による電動機制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 4】 この発明の実施の形態 2 による電動機制御装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】 この発明の実施の形態 3 による電動機制御装置による温度検出特性データ作成時の構成を示すブロック図である。

【図 6】 この発明の実施の形態 3 において電動機制御装置による温度検出特性データ作成時の、スイッチング素子のスイッチングパターンを示す図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 3 によるパワー素子温度検出特性マップを示す図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 3 において電動機制御装置による温度検出特性データ作成における作成・記憶処理を示すフローチャートである。

【図 9】 この発明の実施の形態 3 において電動機制御装置による温度検出特性データ作成における作成・記憶処理を示すフローチャートである。

【図 10】 この発明の実施の形態 4 において電動機制御装置による電流検出特性データ作成時の構成を示すブロック図である。

【図 11】 この発明の実施の形態 4 において電動機制御装置による電流検出特性データ作成時の、スイッチング素子のスイッチングパターンを示す図である。

【図 12】 この発明の実施の形態 4 による電流検出特性マップを示す図である。

【図 13】 この発明の実施の形態 4 において電動機制御装置による電流検出特性データ作成における作成・記憶処理を示すフローチャートである。

【図 14】 この発明の実施の形態 4 において電動機制御装置による電流検出特性データ作成における作成・記憶処理を示すフローチャートである。

【図 15】 この発明の実施の形態 4 において電動機制

御装置による電流検出特性データ作成における作成・記憶処理を示すフローチャートである。

【図16】 この発明の実施の形態5による電流検出特性の補正式演算係数マップを示す図である。

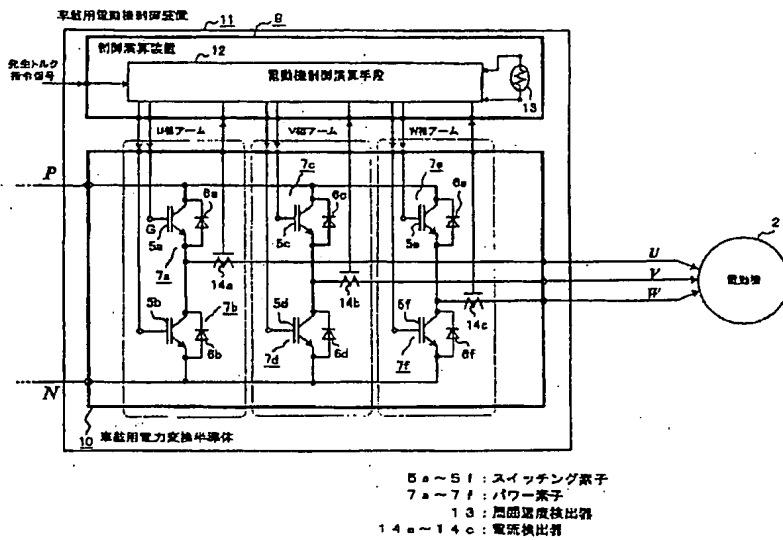
【図17】 従来の電動機制御装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

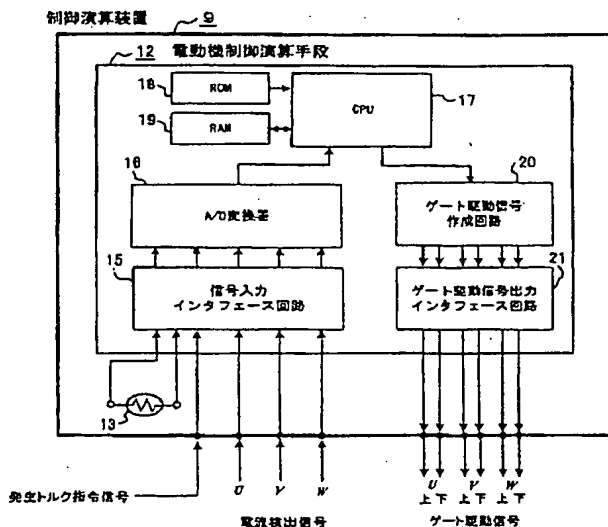
2 電動機、5, 5a~5f スwitchング素子、7, 7a~7f パワー素子、9 制御演算装置、10 電*

* 力変換装置としての電力変換半導体、11 電動機制御装置、12 制御演算手段、13 周囲温度検出器、14, 14a~14c 電流検出器、22 電流検出特性補償データ格納部、23 電流値算出手段、24 電動機駆動信号演算生成手段、25, 25a~25c パワー素子温度検出器、26, 26a~26c 電流検出器、27 パワー素子温度算出手段、28 温度特性データ格納部。

【図1】



【図2】



【図7】

パワー素子温度検出特性マップ

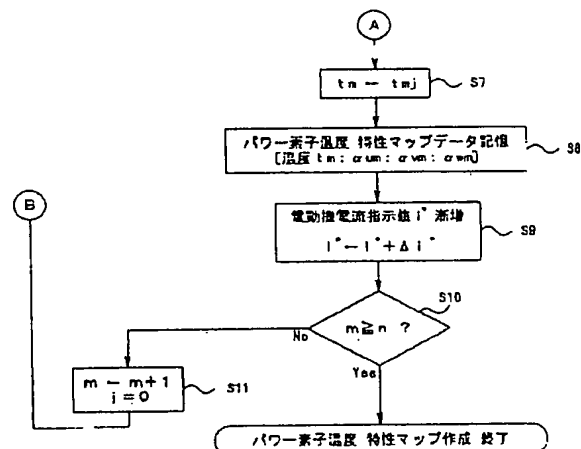
温度 t_0	I相検出値 α_{u0}	I相検出値 α_{v0}	W相検出値 α_{w0}
温度 t_1	α_{u1}	α_{v1}	α_{w1}
...
温度 t_n	α_{un}	α_{vn}	α_{wn}

【図16】

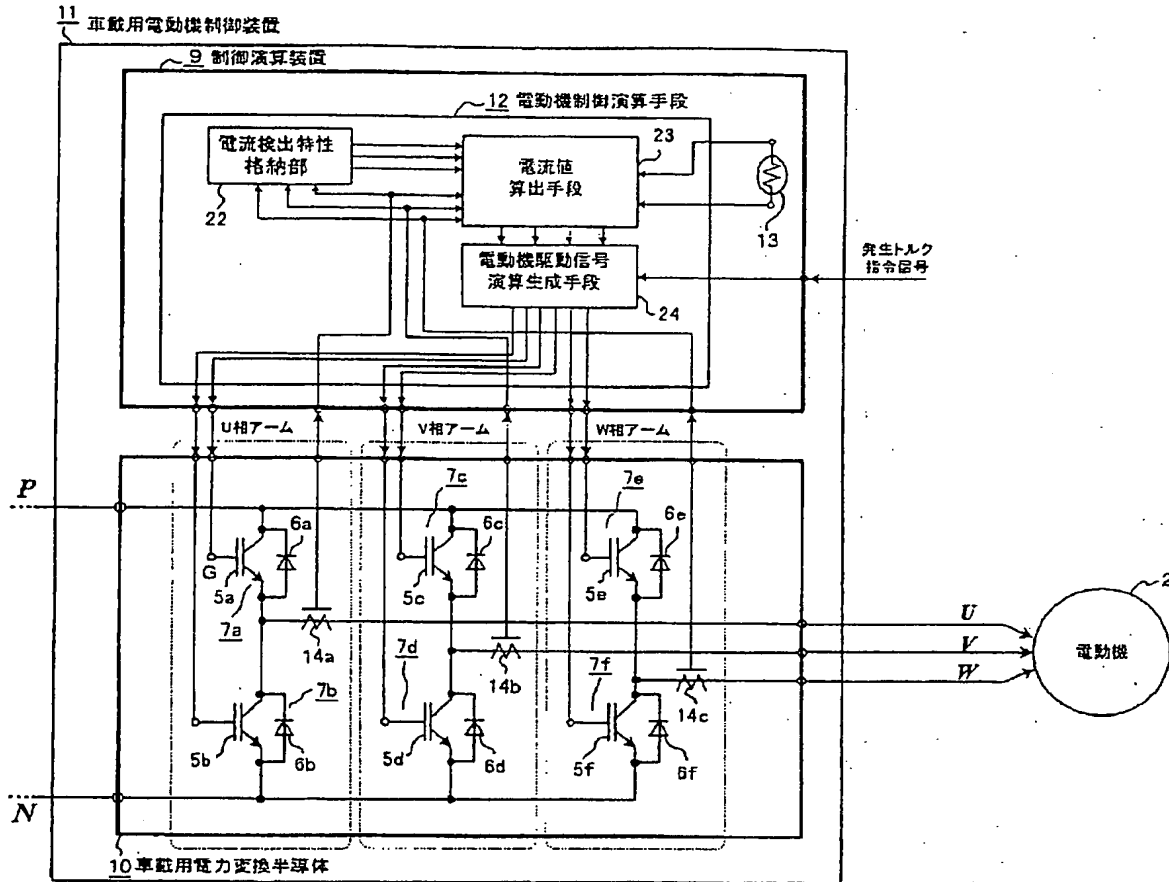
電流検出特性 補正式演算係数マップ

温度 t_0	温度係数 α_{t0}	抵抗値 R_{t0}
温度 t_1	α_{t1}	R_{t1}
...
温度 t_n	α_{tn}	R_{tn}

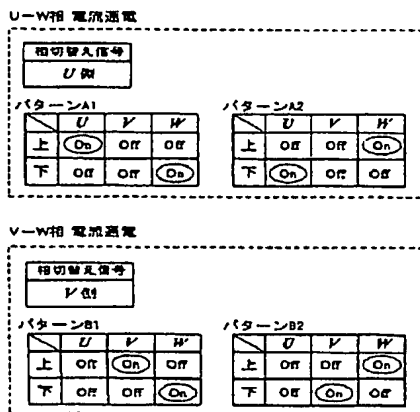
【図9】



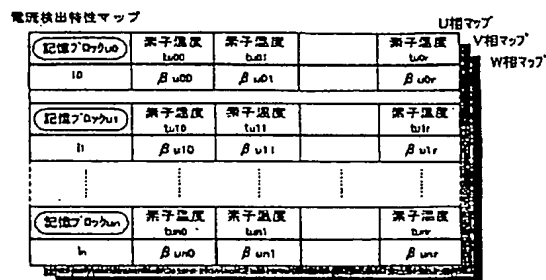
【図3】



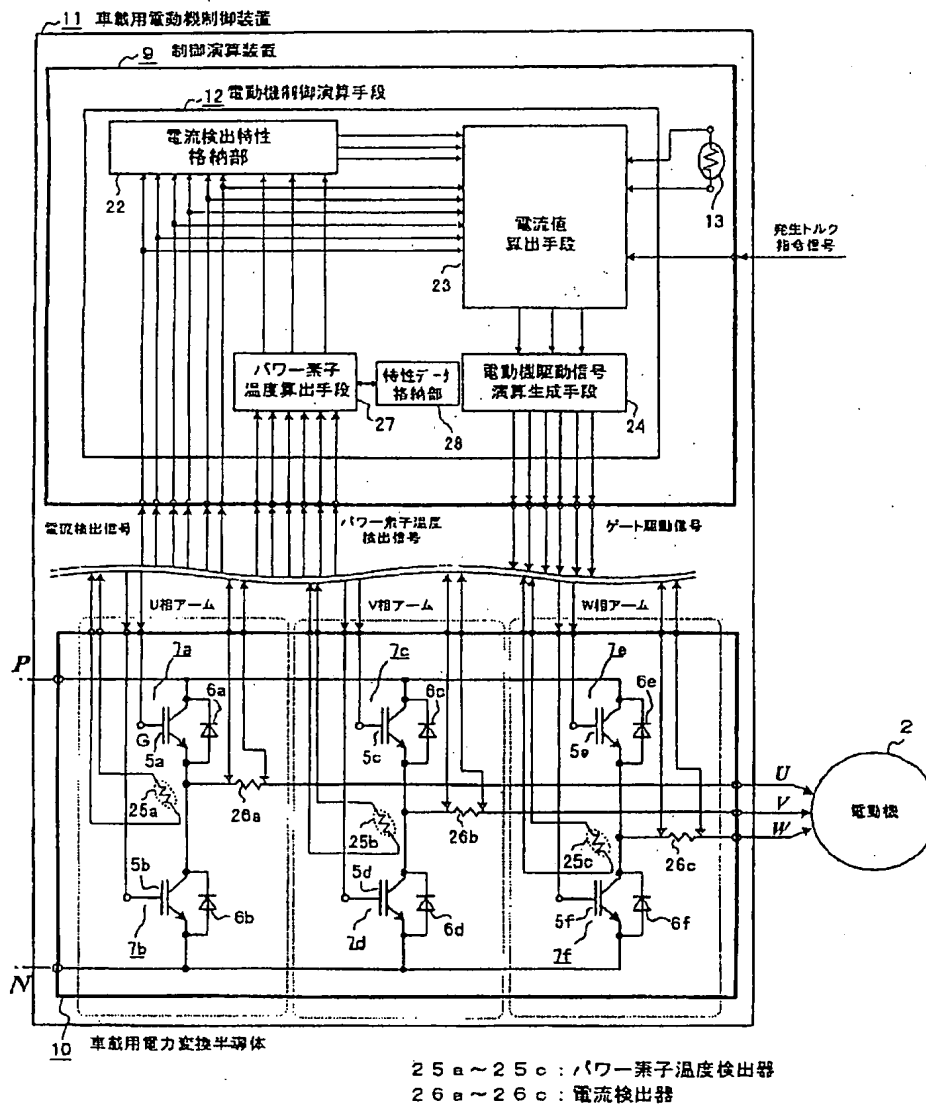
【図11】



【図12】



【図4】



【図6】

パターン0

	U	V	W
上	Off	Off	Off
下	On	On	On

パターン1

	U	V	W
上	On	Off	Off
下	Off	On	On

パターン2

	U	V	W
上	On	On	Off
下	Off	Off	On

パターン3

	U	V	W
上	Off	On	Off
下	On	Off	On

パターン7

	U	V	W
上	On	On	On
下	Off	Off	Off

パターン4

	U	V	W
上	Off	On	On
下	On	Off	Off

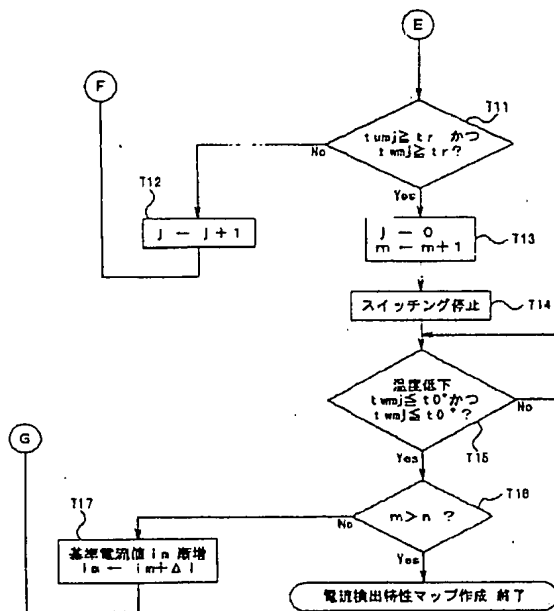
パターン5

	U	V	W
上	Off	Off	On
下	On	On	Off

パターン6

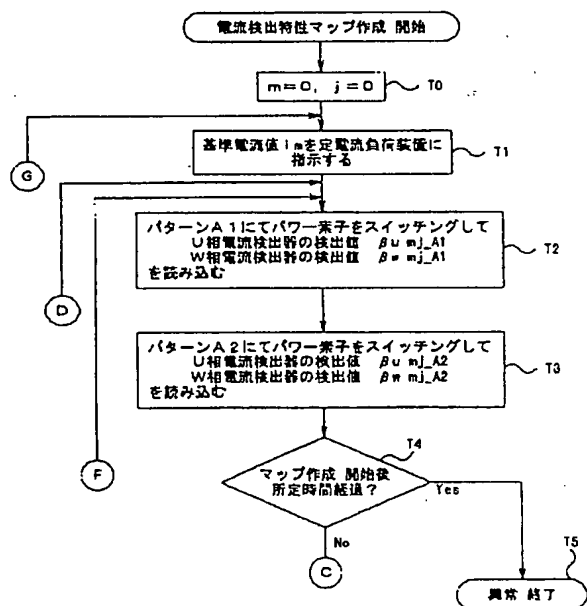
	U	V	W
上	On	Off	On
下	Off	On	Off

【図15】

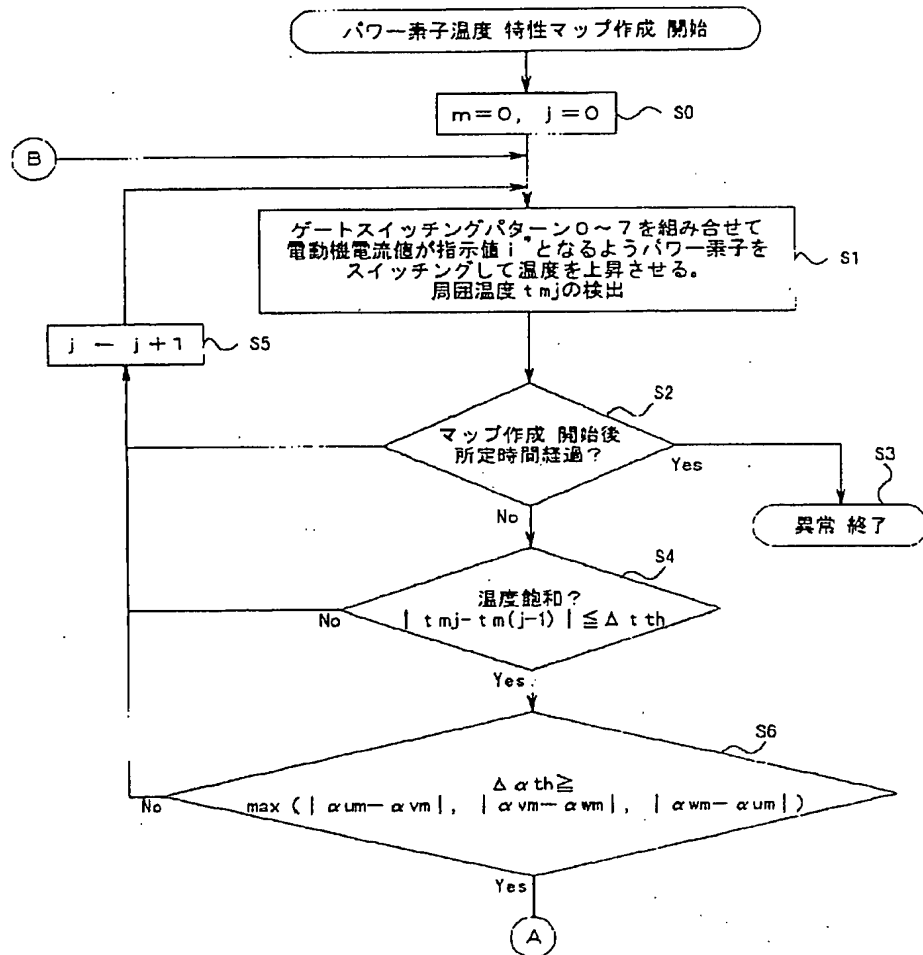


t'0: 0番目マップ要素パワー素子温度基準値
tr: パワー素子使用温度範囲上限値

【図13】

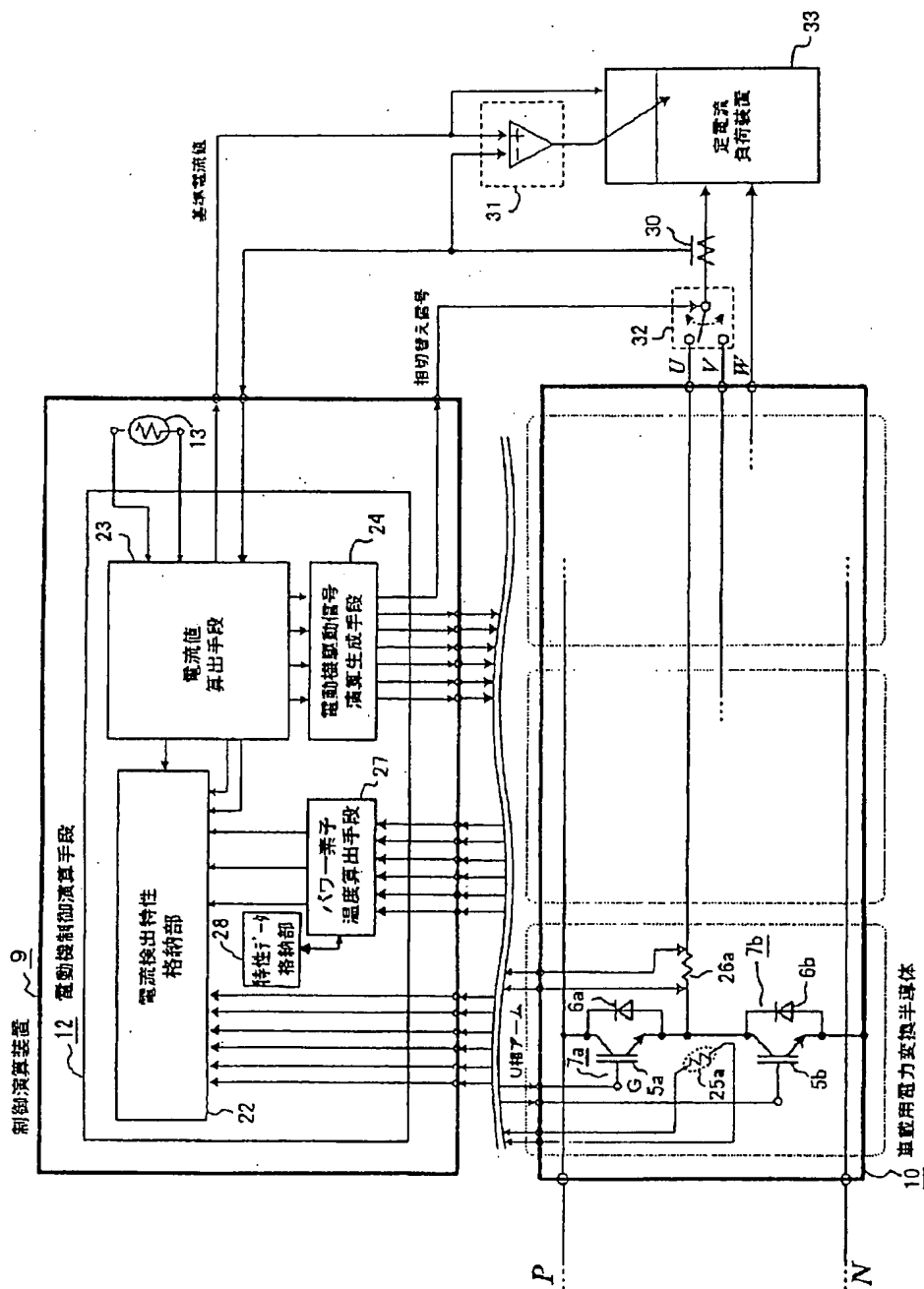


【図8】

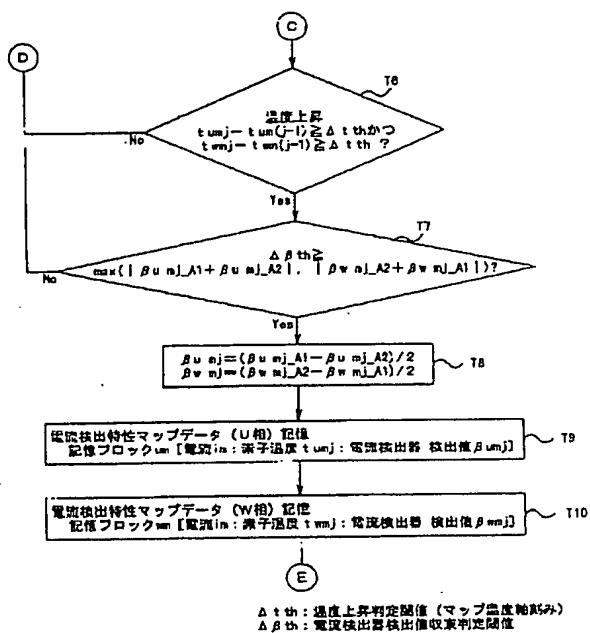


Δt_{th} : 温度飽和判定閾値
 $\Delta \alpha_{th}$: U、V、W相温度検出値飽和判定閾値

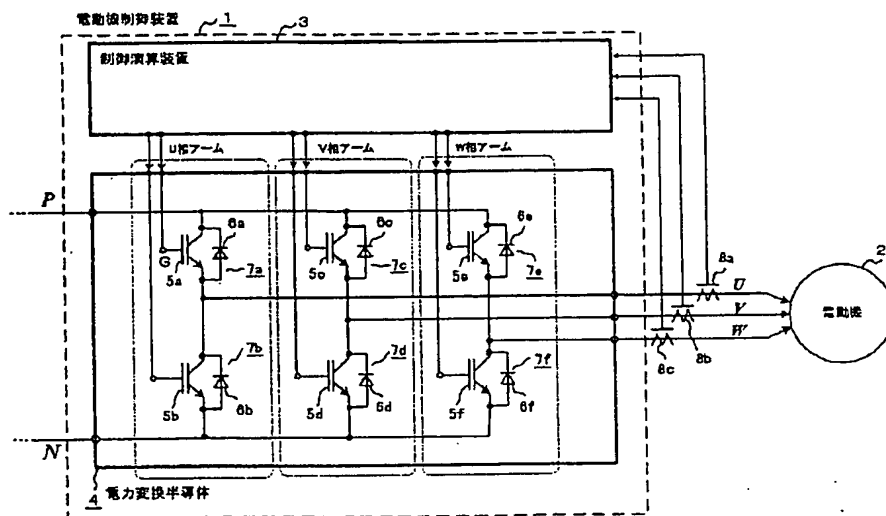
【圖 10】



【図14】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 前川 博敏
 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 三
 菱電機エンジニアリング株式会社内

F ターム(参考) 5H570 AA21 BB09 DD04 HA01 HA07
HB01 JJ03 JJ17 JJ25 KK06
LL02 LL17
5H575 AA17 BB06 DD06 GG04 HA01
HA08 JJ03 JJ17 JJ25 KK06
LL22 LL33 MM13
5H576 AA15 BB06 DD02 DD07 EE01
EE11 GG04 HA02 JJ03 JJ16
JJ17 JJ24 JJ25 KK06 LL22
LL44 MM12